

G. HEINRICIUS UND H. KRONECKER.

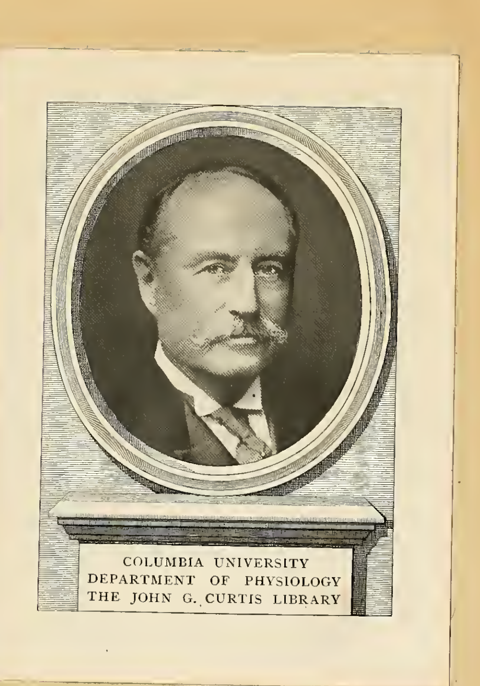
BEITRÄGE ZUR KENNTNISS DES EINFLUSSES DER RESPIRATIONSBEWEGUNGEN AUF DEN BLUTLAUF IM AORTENSYSTEME.

Des XIV. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

N⁰ IX.

MIT FÜNF TAFELN.

LEIPZIG
BEI S. HIRZEL.
1888.


COLUMBIA UNIVERSITY
DEPARTMENT OF PHYSIOLOGY
THE JOHN G. CURTIS LIBRARY



BEITRÄGE ZUR KENNTNISS

DES

EINFLUSSES DER RESPIRATIONSBEWEGUNGEN

AUF DEN

BLUTLAUF IM AORTENSYSTEME.

VON

G. HEINRICIUS UND H. KRONECKER.

Des XIV. Bandes der Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften

Nº IX.

MIT FÜNF TAFELN.

LEIPZIG

BEI S. HIRZEL

1888.

Von den Verfassern übergeben den 17. Januar 1888.
Der Abdruck vollendet den 15. Mai 1888.

Aus dem physiologischen Institut der Universität Bern.

BEITRÄGE ZUR KENNTNISS

DES

EINFLUSSES DER RESPIRATIONSBEWEGUNGEN

AUF DEN

BLUTLAUF IM AORTENSYSTEME.

VON

G. HEINRICIUS UND H. KRONECKER.

AUS DEM PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE DER UNIVERSITÄT BERN.



Es sind gerade 40 Jahre verflossen, seitdem C. LUDWIG eine Abhandlung unter obigem Titel in JOHANNES MÜLLER's Archiv (1847, S. 242) veröffentlicht hat. In jener Arbeit ist auch zum ersten Male das von ihm erfundene Kymographion beschrieben. Diese Erfindung gab der experimentellen Forschung eine neue Richtung, indem sie die graphische Methode in die Physiologie einführte.

LUDWIG beschrieb die epochemachende Versuchsanordnung in folgenden anspruchslosen Worten: »Um mit Hülfe des POISEUILLE'schen Manometers unter allen Umständen genaue Druckhöhen und ihre Zeitdauer zu bestimmen, setzt man auf die freie Quecksilbersäule einen stabförmigen Schwimmer, versieht diesen am oberen Ende mit einer Feder und lässt durch sie die Schwankungen auf eine Fläche zeichnen, welche sich mit stetiger Geschwindigkeit an der Feder vorbeibewegt. Auf diese Weise erhält man Curven, welche allen Anforderungen entsprechen.«

Aus den Untersuchungen, welche damals LUDWIG in Gemeinschaft mit GERAU ausführte, »stellte sich beim Pferde sowohl als beim Hunde das Ergebniss heraus, dass in den bei weitem meisten Fällen der (respiratorische) Luftdruck höchst unbedeutend im Vergleich mit dem Blutdruck ausfällt; woraus er (GERAU) den sicheren Schluss zog, dass die Erhöhung des Blutdruckes im Gefässysteme während der Exspiration vom Luftdruck nicht allein abhängig sein könnte. In einer weiteren Versuchsreihe suchte er darauf den anderen Ursachen der Einwirkung nachzuspüren.«

LUDWIG fand folgende Beziehungen zwischen dem Pulse und den Respirationsbewegungen:

1. »Keine Einwirkung der Respirationsbewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme.« »Es ist dies das normale Vorkommen bei

den Pferden ..... bei ruhiger Respiration und ruhigem Pulsschlage.« Beim Hunde ist dieses Verhalten nur selten (in 2 Fällen unter 100) beobachtet worden.

II. »Die Respirationsbewegung erlangt einen Einfluss auf die Blutbewegung, doch so, dass man die Einwirkung der einzelnen Acte, aus welchen sich eine ganze Respirationsbewegung zusammensetzt, auf die Pulscurve nicht nachzuweisen im Stande ist.« Merklich wird der Einfluss beim Pferde, wenn dieses häufiger athmet. Es wird dann jeder einzelne Herzschlag kräftiger (höher), ohne dass die Pulsfrequenz zunimmt.

Beim Hunde findet man in dem Falle, wenn die Respirationen so häufig werden, dass sie die Herzschläge an Zahl weit übertreffen, die Pulse ebenfalls gleichartig; sobald aber die ersten in Dauer und Intensität sich verändern, merkt man auch Pulsänderungen.

III. »Hieran endlich reiht sich der beim Hunde gewöhnliche, beim Pferde nur in intensiver Respiration oder im Fieber, normale Fall an, dass man an der Pulscurve deutlich den Anfang und das Ende der In- und Exspiration bestimmen kann, und zwar derartig, dass mit der Druckmehrung und Minderung in der Respirationscurve ein Gleiches in den mittleren Werthen der Pulscurve geschieht.«

Aus den Curven der pleuralen Druckschwankungen, welche Ludwig ebenfalls registriren liess, ergab sich, dass mit der Exspiration der Druck in der Lunge steigt. Hierdurch würde die Aorta comprimirt und der Abfluss in die kleinen Arterien beschleunigt. Die Inspiration beeinflusst den Blutdruck in entgegengesetztem Sinne als die Exspiration.

An der Pulscurve macht sich die Exspiration oft auch noch dadurch geltend, dass mit ihrem Eintritt die Geschwindigkeit und die Intensität der Herzschläge sich wesentlich ändert.

Ludwig schliesst resignirt: »Alle Hypothesen, welche leicht aus dem vorhandenen Thatsachen-Material fliessen, sind so zweifelhaften Werthes und widerlegen sich durch ein selbst oberflächliches Nachdenken, dass man mir billigerweise ihre Widerlegung oder Aufstellung erlassen wird.«

Dreizehn Jahre später bearbeitete Einbrodt unter Ludwig's Leitung das gleiche Thema.

Von den mannichfaltigen unmittelbaren und mittelbaren Wir-

kungen der Athembewegungen auf das Kreislaufsystem hob Einbrodt, durch abnorme Verstärkung, den positiven und negativen Respirationsdruck heraus.

»Der positive Respirationsdruck (bis 125 mm Hg) erschwert den Zufluss des Blutes zum Herzen, mindert den Nutzeffect des Herzens und setzt die Spannung des Blutes im Aortensysteme herab« (nachdem der Blutdruck anfänglich mit dem Respirationsdruck gewachsen war). Er erzeugt durch venöse Stauung Hirndruck.«

»Der erhöhte Respirationsdruck bedingt auch Vagusreizung, welche, wenn kein directer Reiz aufs Herz wirkt, eine Verlangsamung der Herzbewegung einleitet.«

Dieser Effect fällt fort, wenn die Vagi am Halse durchtrennt sind. Die Reizung geschieht also an den centralen Ursprungsstellen der Vagi und zwar durch vermehrten Druck in den Hirnvenen.

»Der arterielle Blutdruck steigt nach Aufhebung des positiven Druckes in der weitaus grössten Mehrzahl der Fälle rasch und bedeutend an, denn das ins Herz aus den Venen ankommende gestaute Blut wird für den Strom sogleich nutzbar gemacht. Diese Steigerung des Blutdruckes hält aber in der Regel nicht lange an.«

»Für die Veränderungen, die der Blutdruck während der Athembewegungen erleidet, bestehen zwei Ursachen:

1) die beschleunigenden Kräfte, welche die Bewegungen der Brustwand ausüben und

2) die am Herzen hervorgebrachte Füllung mit Blut. Als begünstigendes Moment kann auch die veränderte Schlagfolge des Herzens angeführt werden.«

»Durch die Einathmung werden das Herz und die grossen Gefässe, die an der äusseren Lungenoberfläche liegen, unter geringere Spannung versetzt und dementsprechend sinkt auch im Beginne der Inspiration, wenn sie nur nicht zu kurz ist, der mittlere Blutdruck um ein Geringes unter den Werth herab, der ihm während der vorhergehenden Ausathmungspause zukam.«

Aber »in Folge des gesetzten Spannungsunterschiedes strömt eine bedeutende Quantität Blut dem Herzen zu und wird durch das erregbare Herz sofort für den Strom nutzbar gemacht: der Inhalt des arteriellen Systems wird unter hohe Spannung versetzt.« »Da sich nun die Füllung des Herzens so lange erhält, als die Inspiration

selbst, so erfährt auch der Blutdruck während der ganzen Dauer der Inspiration keine Abnahme mehr.«

»Stellt sich nun nach Ablauf der Inspiration die Exspiration ein, so summiren sich in ihrem Beginne zwei Einflüsse, um den Blutdruck rasch bis zur bedeutendsten Höhe ansteigen zu lassen: die beschleunigende Kraft der Brustbewegung, die aus der Zunahme der auf den Brusteingeweiden lastenden Spannung hervorgeht, und die vorher bestandene Blutanfüllung des Herzens, die jetzt erst allmählich zur Ausgleichung gelangt. Der Wirkung dieser beiden Einflüsse, namentlich aber des ersten, ist das beobachtete Steigen des Blutdruckes am Beginne der Ausathmung beizumessen.«

»Als drittes Element, das den beiden ersten jedenfalls aber an Wirksamkeit nachsteht, konnte die Veränderung in der Herzschlagsgeschwindigkeit angeführt werden; wo sie deutlich ausgesprochen auftritt, geschieht das Ansteigen während der Inspiration und das Absteigen während der Exspiration viel rascher als in denjenigen Fällen, wo die Herzschlagänderung fehlt. Dagegen kann aber das wirkliche Bestehen und wechselnde Ueberwiegen der beiden ersten Elemente gerade in diesem letzteren Falle z. B. nach Vagus-Durchschneidung, reiner beobachtet werden, zumal in Folge der Vagus-Durchschneidung die Athembewegungen selbst tiefer und langsamer werden und daher einen grösseren Einfluss erlangen können, namentlich aber bedeutendere Spannungsunterschiede setzen.«

Ludwig und Einbrodt betrachteten diese »Untersuchung nur als eine Vorarbeit, die in Folge der erlangten sicheren Einsicht in die Grundelemente der Frage ein weiteres Vordringen wesentlich unterstützen wird«.

Donders hatte (1853) »auf den niederen Druck aufmerksam gemacht, dem die Innenfläche der Brust und die Oberfläche des Herzens in Folge des Widerstandes der elastischen Lungen unterliegen«. Er lehrte nach Talma's Citat noch: »1) dass Erhöhung des Druckes in den Lungen und also auf die Oberfläche des Herzens die Erweiterung der verschiedenen Herzhöhlen bei der Erschlaffung hemmen und also die Ursache von venöser Hyperämie und arterieller Anämie sein kann; 2) dass Erniedrigung des Druckes auf die Oberfläche des Herzens die Erweiterung der Herzhöhlen bei der Erschlaffung stark befördern und also die Menge des Blutes, welches in die Arterien

strömt, bedeutend vermehren kann. Wenn nicht die Abnahme des Druckes so gross ist, dass die Zusammenziehung des Herzens, die Austreibung des Blutes in alle Körperarterien dadurch gehemmt wird . . . . Bei den Modificationen der Circulation durch die Respiration wirken wenigstens schon drei Factoren zusammen: die Schnelligkeit und die Kraft der Zusammenziehung des Herzens, die Quantität des Blutes, welche durch die Venen ins Herz geführt wird, und der Druck, worunter die Arterien in der Brusthöhle stehen. So kommt es, dass der Druck des Blutes in den Arterien grössere Unterschiede darbietet, als der Druck der Ein- und Ausathmung, von dem sie abhängen. Donders lieferte nur »Beiträge« zur Physiologie der Respiration und Circulation, studirte nicht alle Momente, welche einen Einfluss ausüben können.«

Talma knüpft hieran die Bemerkung: »Einbrodt, das Verdienst der Donders'schen Mittheilungen vielleicht nicht genügend anerkennend, arbeitete in der von Letzterem eingeschlagenen Richtung weiter.« Ebenso gut liesse sich sagen, dass vor Donders schon Carsors (1815) einige der angeführten Gesichtspunkte geltend gemacht hat, als er darlegte, wie die inspirirten Lungen sich durch ihre Elasticität zusammenzuziehen streben, hierdurch einen Theil des Druckes der Atmosphäre auf das Herz aufheben, also seine Diastole befördern, seine Systole erschweren, den Einfluss des Venenblutes in's Herz begünstigen.

Eduard Weber beschrieb und erklärte (1850 u. 51) die Wirkung der Exspiration auf das Herz folgendermassen: »Da nun das Blut aus den Körpervenen nur vermöge des Druckes, unter dem es sich in denselben befindet, nach dem entleerten und wieder erschlafften Herzen hinströmt, so muss, wenn auf das Herz und die Hohlvenen ein Gegendruck ausgeübt wird, wie bei der Compression der Luft in der Brusthöhle der Fall ist, die Kraft des Stromes sich vermindern. Wird der Druck auf das Herz aber so gross, dass er dem Drucke des Blutes in den Venen am Halse und im Unterleibe das Gleichgewicht hält, oder sogar noch grösser als dieser, so kann gar kein Blut in das Herz und die in der Brust gelegenen Hohlvenen mehr einströmen. Die geringe Menge Blutes, welche sich innerhalb der Brusthöhle in den Hohlvenen, im Herzen, in den Venen und Arterien der Lunge befindet, wird durch die zunächstfolgenden

Zusammenziehungen des Herzens vollends in die Aorta getrieben, worauf dann auch kein Blut mehr aus dem Herzen in die Aorta ausströmen kann.«

»Weil aus dem nun leeren Herzen kein Blüt mehr in die Aorta gelangt, bleibt der Puls ganz aus, und kehrt erst wieder, wenn die Compression der Brusthöhle aufgehört oder nachgelassen hat.«

Gerade ein Jahrhundert zuvor hat aber schon Lamure, noch vor Haller (wie dieser in seinen Elementis Physiol. T. II. p. 335 gewissenhaft zugesteht), angegeben: »In exspiratione semper imprimis thorax contrahitur, comprimuntur pulmones ‚auriculae' venae cavae, fit refluxus sanguinis in venas cerebri, eae ergo in exspiratione turgent.«

Haller beschreibt den Einfluss der Respiration auf den Blutlauf in den Venen mit folgenden Worten:

»Magni ergo trunci venosi capitis, colli, pectoris, abdominis, brachii eiusmodi motu agitantur, in vivis animalibus, ut per exspirationem sanguine aut retento, aut a corde refluo turgescant, per inspirationem remisso ad cor sanguine eaedem (venae) depleantur: hinc per inspirationem, recedente de cerebri magnis vasis sanguine, cerebrum subsidet, idemque eo sanguine per exspirationem retento, et reduce intumescit et mole crescit. In vehementiori respiratione omnia evidentius adparent.« Auch die Wirkung der Zwerchfellbewegungen auf den Blutlauf hat Haller berücksichtigt. Er meinte, dass das Diaphragma bei seiner Contraction die Vena cava inferior comprimire.

Das Hauptgewicht legt er aber auf die Veränderung des Lungenkreislaufs durch die Athmung:

»Nempe per inspirationem via in pulmonem facilior aperitur, nascitur ergo derivatio, et sanguis venosus undique ad eam sedem confluit, a qua resistentia ablata est: confluit ergo per inspirationem sanguis auricularum et cordis in pulmonem, sanguis venarum cavarum in auriculam, sanguis venarum proximarum in venas cavas, deplentur ergo venae remotiores, cerebri, brachii, abdominis et inaniuntur. Contra in exspiratione sanguis in pulmones compressos difficilius recipitur, difficilius adeo cor dextrum se deplet, stagnat sanguis in venis cavis, in vena jugulari, in cerebro demum toto, atque adeo sinus cerebri, et venae jugulares, intumescunt, quod a minimis vasculis sanguinem accipere pergant, emittere nequeant.«

Die Bedeutung der Athembewegungen für die Blutbewegung in den Venen würdigt Haller in dem Satze:

»Earum causarum (quae motum sanguinis venosi partim adjuvant, partim morantur) illustrior, forte et efficacior, est respiratio. Adjuvare videtur sanguinis circuitum, quod per Hookii experimentum (künstliche Athmung) aliaque in eundem sensum instituta, utique sanguis in pulmonem inflatum facilius subeat, facilius etiam circulum per pulmonem absolvat, celeriusque in sinistrum ventriculum redeat. Ita saepe, et in vivis animalibus, inflato pulmoni vidi, et in mortuo pulmone, quem minister inflabat, dum interim per siphonem liquorem tenuem, colore tamen aliquo saturato tinctum, in venam cavam impellebam. Is enim liquor longe facillime per pulmonem, vehementer distentum, et in sinistrum ventriculum, et in asperam arteriam transit. Hactenus adeo inspiratio pulmonem aperit sanguini, et expedit, absque ea futurum immeabilem.«

Und an anderer Stelle (Elem. T. III. p. 246):

»Hinc pulmo (immeabilis), quando collapsus, et non inspiranti similis, meabilis redditur, quoties aere inflatur. Facilius ergo per inflatum pulmonem transit injectus quicunque liquor: facilius transit sanguis ipse de corde expulsus. Hinc de inciso pulmone sanguis per inspirationem celerius projicitur. Hinc inspiranti homini pulsus celerior et suspirium pulsum accelerat.

Sed eiusmodi compressio pene nulla est, si cum cordis vi comparaveris.«

Diese Experimente beschreibt Haller hundert Jahre vor den ganz ähnlichen von Poiseuille angestellten, welche Ceradini in Ludwig's physiologischer Anstalt, danach Quincke und Pfeiffer etc. wieder in den Vordergrund stellten.

Eine neue Erklärung der respiratorischen Druckschwankungen versuchte Schiff (1872).

Im Jahre 1861 hatte Traube gefunden, dass der Blutdruck in curarisirten Thieren, bei denen man die künstliche Athmung unterbrochen hat, rhythmisch schwanken kann. Auf Grund der Untersuchungen von Ludwig und Thiry über das vasomotorische Nervencentrum stellte er die vielfach gebilligte Ansicht auf, »dass die Kohlensäure durch ihre erregende Wirkung auf das vasomotorische Nervencentrum abwechselnd und in rhythmischer Weise Contraction und

Erschlaffung der Körperarterien hervorzurufen vermag.« Traube fügt hinzu: »Dass diese Wirkung der Kohlensäure nicht darauf beruht, dass sie abwechselnd in grösserer und geringerer Menge dem vasomotorischen Nerven-Centrum zugeführt wird, liegt auf der Hand« (Ges. Abh. I. p. 389). Hering beobachtete (1859) die Traube'schen Wellen auch während (ungenügender) künstlicher Respiration.

Schiff machte nun die Hypothese (Med. Centralbl. 1872, p. 757), »dass die Bewegungen der Brusteingeweide höchstens nur ganz ausnahmsweise als die Ursache dieses Phänomens angesehen werden können. Vielmehr ist bei normaler Respiration eine die Phasen derselben begleitende Erhöhung oder Erniedrigung des Blutdruckes nicht als ein Effect der Respiration, sondern nur als ein Co-Effect derselben anzusehen, welcher auf derselben Ursache, wie die Respiration selbst, beruht. Es treten die respiratorischen Oscillationen des Blutdruckes immer dann auf, wenn in dem Blute Sauerstoffmangel und Kohlensäureüberschuss vorhanden ist und so das Respirationscentrum gereizt wird. Zu der gleichen Zeit oder doch kurz darauf erregt der gleiche Reiz auch das Innervationscentrum der Gefässe und es erfolgt eine Contraction der kleinen Arterien, welche den Blutdruck etwas erhöht.«

»Die Thiere, die zu diesen Versuchen dienten, waren zum grössten Theil curarisirt und chloralisirt; auch war die Brusthöhle eröffnet und die künstliche Respiration eingeleitet, so dass von einem Druck der Brusteingeweide nicht die Rede sein konnte. Es stellte sich nun heraus, dass die sogenannten respiratorischen Oscillationen des Blutdruckes allemal dann eintreten, wenn in der chemischen Zusammensetzung des Blutes gleichfalls Schwankungen vor sich gehen. Diesen Schwankungen der chemischen Zusammensetzung entsprechen die respiratorischen Oscillationen des Blutdruckes völlig und begleiten sie in vollkommen entsprechender Regelmässigkeit.«

Sigmund Mayer (1876) kam durch seine Untersuchungen zu der Ansicht, dass vom Athmungscentrum rhythmische Impulse auf das Centrum für die Gefässinnervation übergehen, welche durch Summation rhythmische Verstärkungen des Gefässtonus veranlassen.

Hering fand auch, dass unvollkommen curarisirte Thiere rhythmische Beinbewegungen machen, isarithmisch mit den Traube'schen

Wellen und häufig associirt mit mangelhaften Athembewegungen und Zuckungen der Beine.

Zu ähnlicher Anschauung neigt Fredericq, auf Grund einer Reihe von Untersuchungen, die er selbst und mit seinen Schülern Moreau und Legrénier, Legros und Griffé ausgeführt hat.

Er fasst selbst die Hauptresultate bezüglich der Blutdruckschwankungen in der Beschreibung folgenden Musterversuches zusammen:

»Sur un chien morphiné, à poitrine et ventre largement ouverts, à pneumogastriques et phréniques coupés, les mouvements respiratoires des côtes, qui se produisent lorsqu'on cesse la respiration artificielle, sont accompagnés d'oscillations de la presse sanguine, semblables à celles décrites par Traube et Hering sur les chiens curarisés (périodes de Traube-Hering). La portion descendante de ces larges oscillations correspond à l'inspiration; la pression se relève au contraire pendant l'expiration. Cette augmentation de pression n'est pas due à un changement dans le rythme cardiaque; elle a probablement une origine périphérique, vaso-motrice. Elle semble indiquer une activité rythmique automatique du centre des vaso-moteurs, à chaque expiration ce centre exagère son action, tout comme le centre modérateur du coeur.« (Travaux du Laboratoire de Léon Fredericq, Gand 1886, p. XIV: Notice sur les recherches exécutées au laboratoire de Physiologie de l'université de Liège 1880 à 84.)

In jüngster Zeit sind dann wieder die mechanischen Erklärungen der respiratorischen Blutdruckschwankungen in den Vordergrund getreten.

Kuhn hat (1875) an Hunden den Einfluss des Bauchdruckes auf den Blutdruck studirt. Er beobachtete bei geöffneter Brusthöhle und durchtrennten Vagi Athembewegungen unabhängig von dem Rhythmus der Einblasungen, und bei jeder activen Inspiration Steigen, bei jeder Exspiration Sinken des Blutdruckes. Diese Schwankungen fehlten, wenn die Bauchhöhle geöffnet wurde oder das Thier curarisirt. Dann nimmt mit der Einblasung der Druck anfangs zu und gegen Ende ab und fällt weiter während der Exspiration. Er schloss daraus, dass durch Compression des Bauchinhaltes bei der Inspiration der Abfluss aus der Aorta erschwert, der Zufluss zum rechten Herzen durch die Vena cava inferior vermehrt sei.

Luciani theilt mit (1877), dass nach der Durchschneidung der Phrenici die inspiratorische Steigung ausbleibe und schliesst daraus, dass die Zwerchfellcontraction ein wesentliches Moment für die inspiratorische Erhebung sei.

S. v. Basch und Schweinburg bestätigten (1881 und 82) die Schlüsse aus diesen Versuchen, die sie nicht für beweiskräftig hielten. Schweinburg unterband in späteren Versuchen die Aorta descendens und sah, dass danach die Druckschwankungen verschwanden (weil die Blutfülle der Bauchhöhle nun nicht mehr respiratorisch wechseln konnte).

Schweinburg fand, mittels des Sphygmomanometers, auch am Menschen ähnliche Druckschwankungen wie bei Hunden, und zweifelt nicht: »dass die Zwerchfellcontractionen überhaupt die respiratorischen Blutdruckschwankungen des Menschen zum grössten Theile bedingen«.

Die Veränderung des Lungenkreislaufs stellen als ausschliessliche oder wesentliche Ursache der respiratorischen Blutdruckschwankungen auf: Kowalewsky (1877) und de Jager (1879—1887).

Talma vertritt 1882 wieder die Ansicht, dass die Störung des Lungenkreislaufs und die Behinderung der Herzbewegung combinirt die circulatorischen Athemschwankungen veranlassen. Er schliesst (Pflüger's Arch. Bd. 29, p. 335):

»Bei der Druckerhöhung in den Lungen und bei der natürlichen Exspiration wird, wenn die Veränderungen einen hinreichend hohen Grad erreicht haben: 1) die Erweiterung des rechten und linken Herzens vermindert; 2) der Blutstrom durch die Lungen, wahrscheinlich durch Verengung der Lungengefässe (wozu ich hier auch die Pulmonalvenen und die linke Vorkammer rechne), ceteris paribus, erschwert. Aus den obigen Versuchen geht jedoch hervor, dass die Hemmung der Diastole des rechten Ventrikels so in den Vordergrund tritt, dass die Verengung der Lungengefässe factisch vernachlässigt werden kann.«

»Die natürliche Inspiration und die künstliche Erniedrigung des Druckes in den Lungen beeinflussen den arteriellen Blutdruck auf verschiedene Weise. 1) Machen sie die verschiedenen Herzhöhlen während der Diastole geräumiger. 2) Erschweren sie die Systole des Herzens und zwar die der Atrien mehr als die der Ventrikel und die des rechten Ventrikels mehr als die des linken. 3) Er-

weitern sie (ceteris paribus) die Lungengefässe, vermindern sie jedenfalls den Widerstand, welcher dem Blute geboten wird, das durch die Lungen strömt. Wenn die Druckerniedrigung auf die Oberfläche des Herzens wenig abgenommen hat, kommen fast nur die Beförderung der Diastole und die Erweiterung der Lungengefässe zur Geltung. Sei es auch, dass die Systole des rechten Herzens um etwas gehemmt wird, so können die zwei anderen Momente die Ursache sein, dass in der Zeiteinheit doch mehr Blut aus dem Herzen fliesst als im normalen Zustande. Sobald jedoch die Hemmung der Systole eine gewisse Höhe erreicht hat, wird die Menge des ausströmenden Blutes geringer und also der arterielle Druck niedriger.«

Durch diese kurze Uebersicht einiger dem wichtigen Gegenstande gewidmeten Arbeiten wollte ich nur andeuten, welche Gesichtspunkte für die bisherigen Untersucher leitend waren.

Rollett's eingehende Darstellung der einschlägigen Arbeiten (die bis zum Jahre 1880 erschienen) in Hermann's Handbuch der Physiologie (B. IV. Theil 2. Cap. 4 u. 5) macht hier vollständige Referate entbehrlich. Doch habe ich wenigstens die Titel aller diesem Gegenstande gewidmeten Arbeiten im Anhange zusammenzustellen versucht.

Die wichtige Frage ist noch unbeantwortet und die Lücke wird in den verbreiteten Lehrbüchern bedauert.

Wir haben daher versucht, unter den einfachsten Bedingungen den causalen Zusammenhang zwischen künstlicher Athmung und Blutdruck aufzuklären.

Dem Einen von uns steht ein grosses Curvenmaterial zu Gebote aus zahlreichen früheren Versuchen, welche Nicolaides und J. Sander über den Einfluss von Reizungen der Gefässnerven auf den Blutdruck angestellt hatten. Nach den oben erwähnten Anschauungen von Schiff, S. Mayer, Fredericq und deren Mitarbeitern sollte Erregung des Gefässnervencentrum in der Medulla oblongata die respiratorischen Blutdruckschwankungen modificiren resp. in maximaler Höhe aufheben. — Wir fanden aber, dass auch nach Abtrennung der Vagi (also bei ziemlich constanter Pulsfrequenz) bei Hunden, Kaninchen und Katzen keine feste Beziehung zwischen Höhe der circulatorischen Athemwellen und der Grösse des mittleren Blutdruckes besteht. Beifolgende Curvenbeispiele zeigen, wie mannichfaltige Modificationen unter solchen Umständen auftreten. Die künstliche Athmung wurde

in jeder Hinsicht gleichartig gehalten, indem ein Wassergebläse mit constantem (beliebigem) Drucke (gewöhnlich 30 — 40 cm Hg) die Athmungsluft in genau gleichmässig gehaltenen Intervallen der Trachea des Versuchsthieres zuführte: derart, dass der mittlere Blutdruck eine Stunde und länger gleich erhalten werden konnte. Dennoch änderten sich oft die circulatorischen Athemwellen, wenn der Mitteldruck durch Gefässinnervation alterirt wurde.

Häufig wurden die Resp.-Wellen höher, wenn der Blutdruck stieg. Als ein Beispiel diene das auf Tab. I, Fig. 1 facsimilirte Curvenstück [1]).

Oft wurden die Schwankungen um so beträchtlicher, je stärker der Mitteldruck wuchs.

In manchen Fällen erschienen bei geringer Druckhebung beträchtliche Wellen Figg. 2 u. 8; in anderen Fällen wieder trotz bedeutender Hebung nur geringe Wellen Fig. 3.

In noch anderen Versuchen änderten sich die Wellen gar nicht, während der Blutdruck stieg und sank.

Dagegen kam es auch nicht selten vor, dass die Respirationswellen klein oder unmerklich waren bei hohem Blutdrucke, dagegen hoch wurden, während der Blutdruck sank, Figg. 4 u. 5.

Zuweilen blieben bei tiefem wie bei hohem Blutdrucke die respiratorischen Schwankungen unmerklich: Fig. 7, oder traten unregelmässig wechselnd auf: Fig. 6.

Endlich konnte man auch beobachten, dass im einen oder anderen Falle die Wellen einen anderen Rhythmus einhielten als die Athmung. Figg. 6 u. 7 (am Ende), Figg. 9, 10 u. 11.

Bei alledem erschien es ganz gleichgültig, ob der Blutdruck durch Elektrisiren der Medulla obl., des Rückenmarks oder der Splanchnici gesteigert worden Fig. 8, ob die Steigerung durch Strychnin oder Asphyxie hervorgebracht worden. Figg. 4 u. 5.

Auffällig war es, dass durch manche chemische Agentien, besonders durch kohlensaures Natron, welches in das Arteriensystem gelangte, tiefe und frequente Traube'sche Wellen hervorgerufen werden

1) In allen hier illustrirten Fällen waren die Versuchsthiere (durch Morphium) anästhesirt und (durch Curare) paralysirt. Die wissenswerthen Eingriffe sind unter den Curvenbeispielen notirt.

konnten. Während derselben war dann oft die künstliche Athmung gar nicht merklich, selbst nicht, wenn wir dieselbe unter hohem Drucke wirken liessen. Figg. 9, 10 u. 11.

Es geschah dann wohl auch, dass zeitweilig die Athmung zur Geltung kam, zeitweilig wieder unmerklich wurde. In einigen Fällen bemerkten wir sogar vorübergehend einen sonderbar regelmässigen Rhythmus in der Wellenfolge derart, dass eine Athmung wenig wirksam war, die nächste wirksamer und so fort. Fig. 11.

Vergeblich versuchten wir auf nervösem und auf mechanischem Wege den Lungenkreislauf zu beeinflussen und hierdurch die Wellen zu modificiren (Fig. 16). Vergeblich durchtrennten wir die Phrenici und Vagi (Fig. 5) und verschlossen die Bauchaorta, vergeblich auch durchtrennten wir das Zwerchfell.

Als wir aber die Bauchhöhle mit Flüssigkeit anfüllten, sahen wir zu wiederholten Malen die Athmungswellen verschwinden. Das Gleiche geschah, wenn wir die Vena cava inf. comprimirten, während bei Compression der Aorta abd. die Athemwellen mit dem Drucke wuchsen (Fig. 20), bei Verschluss der Vena portarum nur mit dem Mitteldruck die Wellen auch niedrig wurden.

Da nun Dr. Haslam im hiesigen physiologischen Institute gefunden hatte, dass ein ganz geringer intraperikardialer Druck (8—10 cm Wasser) genügt, um den arteriellen Blutdruck zum Verschwinden zu bringen und dass 2 cm Wasserdruck, unter welchem die Herzbeutelhöhle gefüllt wurde, den Blutdruck in der Carotis schon merklich mindern, so lenkten wir unsere Aufmerksamkeit auf den Druck, der von den Lungen das Herz trifft.

Wir öffneten, wie Viele vor uns gethan, den Brustkasten, und wir bemerkten im Gegensatz zu Vielen, dass die Athemwellen danach oft merklich kleiner wurden (Fig. 15). Wenn wir den Thorax zuhielten, wurden die Oscillationen wieder grösser; wenn wir die Lungen vom Herzen möglichst zurückzuhalten versuchten, wurden die Wellen ebenfalls kleiner; wenn wir das Herz auf dem gespaltenen Perikard zur Oeffnung des Brustkastens emporhoben, wurden die Schwankungen desto kleiner, je weniger die aufgeblasenen Lungen das Herz oder die einmündenden Venenstämme erreichten, und verschwanden zuweilen fast völlig, ohne dass der mittlere Druck sehr litt. Figg. 12, 13 u. 14.

Deutlicher als diese Analyse sprach die Synthese. Jeder leichte Druck auf das Herz störte sogleich die Form der Athemwellen, Figg. 15 u. 16. Endlich machten wir den Versuch, die Athmungsluft direct durch den Herzbeutel zu treiben, anstatt in die Lungen. Wir banden in die Spitze des Herzbeutels eine »Perfusionscanüle«, welche sonst zur Durchspülung der Froschherzkammer diente, und brachten das eine der freien Gabelenden des Y-förmigen Doppelröhrchens in Verbindung mit dem Athmungsapparate, während auf das andere Gabelende ein Kautschukschlauch gesteckt war, der durch eine Schraubenschlauchklemme beliebig verengt werden konnte. Die rhythmisch eingeblasene Luft konnte man so unter grossem oder kleinem Widerstande entweichen lassen. Das diastolisch sich erweiternde Herz trieb die Luft, während die Einblasung unterbrochen wurde, aus dem Herzbeutel. So entstanden ausnehmend starke Blutdruckschwankungen, ganz analog den Schwankungen, welche wir erhielten, wenn wir die Lunge aufbliesen. Fig. 17.

Wir combinirten nunmehr Lungenathmung mit perikardialer Einblasung und erhielten einfache Wellenzüge. Immer aber war Anblasen des Herzens wirksamer, wenn es direct erfolgte, als vermittelst der zwischengeschalteten Lungenwände. Daneben zeigte sich, dass dieses Luftdrücken für die Erhaltung der Herzkraft sehr günstig war. Figg. 17 u. 18. Die rhythmischen Drucke wirkten wie Massage, welche ja von Boehm zur Belebung des asphyktischen Herzens empfohlen ist.

Welcher Art der Einfluss des Druckes ist, darüber kann man nicht mehr im Zweifel sein.

Jede Behinderung der Herzdiastole erniedrigt den Blutdruck. Sobald also die Inspiration der Lunge einen solchen Grad erreicht hat, dass das Herz bedrängt wird, so werden die Diastolen beeinträchtigt und damit sinkt die Spannung im Aortensysteme. Fig. 19. Sobald die Luft aus den Lungen entweichen kann und dieselben zusammenfallen, wird das Herz mehr gefüllt und der arterielle Druck steigt, da sich ja, wie Ludwig und seine Schüler gezeigt haben, das normale Herz mit jeder Systole vollkommen entleert..

Sobald also die künstliche Athmung (bei offener Trachea) unterbrochen wird, steigt der Blutdruck; sobald die Athmung (natürlich mit Inspiration) beginnt, sinkt der arterielle Druck. Figg. 21 u. 22.

Woher kommen aber die oben erwähnten seltsamen Modificationen unter gleichen Druckbedingungen in der Brusthöhle?

In erster Linie sind es arterielle (vermuthlich peripher verursachte) Gefässkrämpfe, welche durch wechselnde Widerstände die Druckwellen verunstalten, sodann aber hat sicherlich auch das Herz unter wechselnder Dehnbarkeit zu leiden. Auch dieses kann unter nervösen Einflüssen geschehen, wie dies ja N. Baxt in Ludwig's Institut bei Accelerans-Reizung beobachtet hat. Die Veränderungen der Widerstände in der Lunge spielen aber wohl nur eine kleine Rolle bei den Blutdruckschwankungen in dem Aortensysteme. Verschluss oder Oeffnung einer Pulmonalis beeinflusst ja, wie schon Lichtheim gezeigt hat, den Blutlauf nur unmerklich.

So haben uns also die Gesichtspunkte, welche durch C. Ludwig schon Gerau und Einbrodt geboten wurden, einen Schritt näher geführt zum Verständniss der circulatorischen Athemfunctionen.

Die regelmässige Athmung bewirkt eine heilvolle Massage des Herzens.

Verzeichniss der Arbeiten über den Einfluss der Respirationsbewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme.

(Nach den Namen der Autoren in alphabetischer Reihenfolge geordnet.)

d'Arsonval, Recherches théoriques et expérimentales sur le rôle de l'élasticité du poumon dans les phénomènes de circulation. Thèse de Paris. 1877.

Autenrieth, J. H. F., Handbuch der empirischen menschlichen Physiologie. § 374. III Bde. Tübingen. 1801.

Barry, Dav., Recherches expérimentales sur les causes du mouvement du sang dans les veines. Paris. 1825.

v. Basch, Ueber den Einfluss der Athmung von comprimirter und verdünnter Luft auf den Blutdruck des Menschen. Medic. Jahrbücher der Aerzte zu Wien. Heft 4. 1877.

Baumgärtner, H. K., Beobachtungen über die Nerven und das Blut in ihrem gesunden und krankhaften Zustande. Freiburg. 1830.

Bert, Paul, La pression barométrique. Paris. 1877.

Bichat, Xav., Recherches physiologiques sur la vie et la mort. IIe édit. Paris. p. 146. 1802.

Boissier de Sauvages, De aeris transitu in pulmones. In actis Monspeliensis Academiae. 1743.

Borden, Recherches sur le pouls par rapport aux crises. Paris. 1752.

Bourdon, J., Recherches sur le mécanisme de la respiration et sur la circulation du sang. Paris. 1820.

——, Sur la respiration et la circulation. Paris. 1823.

Bowditch and Garland, The effect of the respiratory movements on the pulmonary circulation. Journal of physiologa II. No. 2. Cambridge. 1879.

Bremond, Ad motum cordis experimenta. Experimenta de respiratione. 1739.

Brown-Séquard, Faits nouveaux relativs à la coïncidence de l'inspiration avec une diminution dans la force et la vitesse des battements du coeur. Gaz. méd. 1876.

——, Note sur l'association des efforts inspiratoires avec une diminution ou l'arrêt des mouvements du coeur. Journ. de la physiol. 1858.

Burdon-Sanderson, On the influence exercised by the movements of respiration on the circulation of the blood. The croonian lecture. London. 1867.

——, Proceed. of the royal Soc. of London. XV. p. 391. 1867.

——, On the influence of the movements of respiration on the circulation of the blood. London 1868. Vergl. Handbook for the physiological Laboratory. London. p. 318. 1874.

Burdach, K. F., Vom Baue und Leben des Gehirnes. III Bde. Leipzig. 1819—1826.

Carson, James, An inquiry into the causes of the motion of the blood. Liverpool. p. 118. (Cit. in Burdach's Physiologie Bd. IV. S. 446.) 1815.

——, On the elasticity of the lungs. Philosoph. Transact. Vol. CX. 1820.

Ceradini, La meccanica del cuore. Omod. anniv. univ. 1870.

Cloquet, De l'influence des efforts sur les organes renfermés dans la cavité thoracique. Paris. 1820.

Cotugni, Giornale per servire alla storia raggionata della medicina di questo secolo. Tom. VII. p. 476. Venezia. Cit. in Burdach's Phys. Bd. IV. S. 442. 1791.

Cyon, E., Zur Physiologie des Gefässnervencentrums. Pflüger's Archiv IX. (Gesammelte Abhandl. Berlin 1888. S. 149 u. 170.) 1874.

Dalske, De influxu respirationis in motum cordis. 1730.

Defermon, Archives générales de médécine. XVII. p. 314. Paris. Cit. v. Burdach. Phys. IV. S. 442. 1823.

Dietrich, J., Die Wirkung comprimirter und verdünnter Luft auf den Blutdruck. (v. F. Riegel, Berichtigung dieser Arbeit.) Arch. f. exp. Path. XVIII. 242—259. 1884.

Donders, Bijdrage tot het Mechanisme van Ademhaling en Bloed-samloop. Nederlandsch Lancet Tom. V. 2e serie. S. 354. 1849.

——, Beiträge zum Mechanismus der Respiration und Circulation im gesunden und kranken Organismus. Zeitschr. f. ration. Med. Neue Folge. Bd. III. 1853.

Drosdoff und Botscheschkaroff, Die physiol. Wirkung der im Waldenburgschen Apparate comprimirten Luft auf den arteriellen Blutdruck der Thiere. Centralbl. für die medic. Wissenschaft. S. 65. 1875.

Drosdoff, Ueber die Wirkung der Einathmung von verdichteter und verdünnter Luft. Idem. Ss. 773 u. 785. 1875.

Ducroq, Ueber die volum. Bestimmung des Blutdrucks am Menschen. Wiener med. Jahrb. 1876.

Dupuy, F., Rapports généraux des mécanismes circulatoires et respiratoires. Gaz. méd. 1867.

Einbrodt, Ueber den Einfluss der Athembewegungen auf Herzschlag und Blutdruck. Wiener Akad. Sitzungsberichte. Bd. XL. S. 345. 1860.

Emmert, A. G. F., Ueber die Unabhängigkeit des kleinen Kreislaufs von dem Athmen. Rail's Arch. Bd. V. S. 401. 1802.

Floyer, J., Praeternatural state of humours. London. 1696.

François-Franck, Du volume des organes dans ses rapports avec la circulation du sang. Physiologie expérim. Travaux du lab. de M. Marey. 1876.

Fredericq, Sur la théorie de l'innervation respiratoire. Bulletins de l'académie royale de Belgique. 2e ser. T. XLVII. No. 4. 1879.

——, L'ascension inspiratoire de la pression carotidienne chez le chien. Bull. de l'Acad. royale de Belgique. 3e série. T. III. No. 1. 1882.

——, Sur le ralentissement du rythme cardiaque pendant l'expiration. ibid. T. III. No. 2. 1882.

——, Sur l'existence d'un rythme automatique commun à plusieurs centres nerveux de la moelle allongée. Comptes rendus. 9. janvier. 1882.

——, Sur les discordances entre les variations respiratoires de la pression intra-carotidienne et intrathoracique. Comptes rendus. 17. janvier. 1882.

——, Sur la discordance entre les variations respiratoires de la pression intra-carotidienne et intrathoracique. Comptes rendus. XCIV. p. 141—143. 1881.

——, De l'influence de la respiration sur la circulation. I. partie: Les oscillations respiratoires de la pression arterielle chez le chien. Archives de Biologie. T. VIII. 1882.

——, Sur les oscillations de la pression sanguine dites periodes de Traube-Hering. Bulletins de l'académie royale de Belgique. 3me série. T. II. No. 12. 1881. T. II. No. 12. 1881, et 3me série. T. III. No. 1. 1882.

Frey, H., Versuch einer Theorie der Wellenbewegung des Blutes in den Arterien. J. Müller's Arch. S 218. 1845.

——, Von den verschiedenen Spannungsgraden der Lungen-Arterien. Arch. f. physiol. Heilkunde. Bd. V. S. 520. 1846.

Funke und Latschenberger, Ueber die Ursachen der respiratorischen Blutdruckschwankungen im Aortensysteme. Pflüger's Archiv. XV. S. 405. 1877.

——, Ueber die Ursachen der respiratorischen Blutdruckschwankungen im Aortensysteme. ebend. XVII. S. 547. 1878.

Gad, Ueber Athemschwankungen des Blutdruckes. du Bois-Reymond's Archiv f. Physiol. Ss. 287—89. 1880.

Gautier, J., Des phénomènes mécaniques de la respiration. Paris. 1844.

Gautier, Ch., Influences mécaniques de la respiration sur la circulation artérielle. Thèse de Paris. 1876.

——, Des rapports de la pression artérielle et de la respiration. Paris. 1877.

Goodwyn, The connection of Life with Respiration. London. 1788.

Gréhant, Comptes rendus de l'Académie des Sciences. LXXIII. p. 274. Paris. 1871.

Grunmach, E., Ueber den Einfluss der verdünnten und verdichteten Luft auf die Respiration und Circulation. Zeitschr. f. klin. Med. V. Ss. 469—70. 1882.

Günsburg, M., Einfluss der Athmung in comprimirter und verdünnter Luft auf den Blutdruck in den Arterien und Venen, sowie auf den Herzschlag (russisch). Moskauer med. Zeitung. Nr. 29—32. 1875.

Guyon, F., Note sur l'arrêt de la circulation carotidienne pendant l'effort. Archives de physiologie. Paris. 1866.

Hales, Stephan, Vegetable statiks, animal statiks. Londini. 1733.

Haller, A., Elementa physiologiae corporis humani. Lausannae. Vol. II et III. 1760—1761.

——, Opera minora anatomici argumenti. III Vol. Lausannae. 1762.

——, De vasis cordis. 1737. De valvula Eustachii. 1738.

Hamernjk, Ueber einige Verhältnisse der Venen der Vorhöfe und Kammern des Herzens und über den Einfluss der Contractionskraft der Lungen und der Respirationsbewegungen auf den Circulationsapparat. Prager Vierteljahrsschr. III. Ss. 32—103. 1853.

Hasse, C., Ueber die Bewegungen des Zwerchfells und über den Einfluss derselben auf die Unterleibsorgane. Arch. f. Anat. u. Entwicklgesch v. His u. Braune. S. 185. Leipzig. 1886.

Heger, P., Expériences sur la circulation du sang dans les organes isolés. Thèse de Bruxelles. 1875.

——, Recherches sur la circulation du sang dans les poumons. Annales de l'Université de Bruxelles. I. 1880.

Heger et Spehl, Recherches sur la fistule péricardique chez le lapin. Archives de Biologie. II. p. 154. 1881.

Heidenhain, R., Die Einwirkung sensibler Reizung auf den Blutdruck. Pflüger's Archiv IX. S. 250. 1874.

Henschaw, Nathanael, In aerochalino. Londini. (Cit. in Haller. Methodus studii medici. p. 348.) 1677.

Hering, Ueber Athembewegungen des Gefässsystems. Wiener Sitzungsberichte XL. S. 829. 1869.

Heynsius, A., Sur la valeur de la pression négative intrathoracique pendant la respiration normale. Harlem. A. 1882.

Holmgren, F., Methode zur Beobachtung des Kreislaufs in der Froschlunge. Beitr. z. An. u. Phys. Festgabe f. C. Ludwig. Leipzig. 1874.

Hooke, Rob., Lectures physical, medic. geographic. etc. Londini. 1679 u. 1726.

Hooker, Charles, An essay on the relation between the respiratory and circulating functions. Boston M. and Surg. Journ. 1838.

Jacobson, H., und Lazarus, Ueber den Einfluss des Aufenthaltes in comprimirter Luft auf den Blutdruck. Med. Centralbl. S. 929. 1877.

De Jager, Ueber den Blutstrom in den Lungen. Pflüger's Archiv. XX. S. 426. 1879.

——, Die Lungencirculation und der arterielle Blutdruck. Ibid. XXVII. Ss. 152—189. 1882.

——, Les oscillations de la pression sanguine artérielle lors de la respiration par soufflet et de la respiration dans l'air condensé ou raréfié. Avec 2 pl. Arch. Néerlandaises des sciences exactes et naturelles. T. XX. p. 303. 1882.

——, Welchen Einfluss hat die Abdominal-Respiration auf den arteriellen Blutdruck? Pflüger's Arch. XXXIII. Ss. 17—51. 1883.

——, Die Schwankungen in dem arteriellen Blutdrucke bei Blasebalgrespiration und bei Respiration in comprimirter und verdünnter Luft. Pflüg. Arch. XXXVI. Ss. 309—347. 1885.

——, Die Respirationsschwankungen im arteriellen Blutdruck beim Kaninchen. Ibid. XXXIX. S. 171. 1886.

Kaan, De perspiratione Hippocratica. Leidae. 1739.

Kay, J. P., Physiol. Experiments and Observ. on the Cessation of the Contractility of the Heart and Muscles of Warm-Bloodel Animals. Edinb. Med. and Surg. Journal. XXIX. p. 37. 1828.

Klemensiewicz, Ueber den Einfluss der Athembewegungen auf die Form der Pulscurven beim Menschen. Sitzungsber. der Acad. d. Wissenschaften Wien. LXXIV. III. Abth. Dec.-Heft. 1876.

Knoll, Ueber den Einfluss modificirter Athembewegungen auf den Puls beim Menschen. Prag. 1880.

——, Ueber periodische Athmungs- und Blutdrucksschwankungen. Wiener Sitz.-Berichte. XCII. III. Abth. 1885.

Kowalewsky, N., Ueber die Einwirkung der künstlichen Athmung auf den Druck im Aortensystem. du Bois-Reymond's Arch. f. Physiologie. S. 416. 1877.

Kuhn, Over de Respiratie-schommelingen der slagaderlijke Bloedsdrukking. Amsterdam. 1875.

Kupfer, H. E., Commentatio physiologico-medicade vi, quam aer pendere suo et in motum sanguinis et in absorptionem exercet. Lipsiae. 1828.

Kuss, Alb., Étude sur la pneumatométrie et la pneumothérapie. (Nancy.) Strasbourg. 1876.

Lambert, Étude clinique et expér. sur l'act. de l'air compr. et raréfié dans les malad. des poum. et du coeur. Paris. 1877.

Lamure, Recherches sur la pulsation des artères, sur le mouvement du cerveau dans les trépanés et sur la couenne du sang. Montpellier. 1769.

Landois, Ueber die Bewegung und Volumveränderung der Gase in den Lungen während der Herzbewegung. Berl. klin. Wochenschr. 1880.

Latschenberger und Deahna, Beiträge zur Lehre von der reflectorischen Erregung der Gefässmuskeln. Pfl. Arch. XII. S. 157. 1876.

Lazarus und Schirmunski, Ueber die Wirkung des Aufenthalts in verdünnter Luft auf den Blutdruck. Ztschr. f. klin. Med. VII. Ss. 299—313. 1883.

Legros et Griffé, Note sur l'influence de la respiration sur la pression sanguine. Bull. de l'Acad. roy. de Belg. 3e série. T. VI. p. 153. No. 8. 1883.

Lenzmann, Ueber den Einfluss der Anwendung transportabler pneumatischer Apparate auf die Circulation des gesunden Menschen. Ctrlbl. f. klin. Med. Nr. 29. 1881.

v. Liebig, G., Wirkung der saugenden Spannung im Pleuraraum auf die Circulation. Sitzber. der Ges. f. Morphologie u. Physiologie. München. 1885.

Lorain, P., Le pouls. Étude de méd. clinique. Paris. 1870.

Löwit, Ueber den Einfluss der Respiration auf den Puls des Menschen. Arch. f. exp. Path. X. S. 412. 1879.

Luchsinger, B., Zur Kenntniss der Functionen des Rückenmarkes. II. Die dyspnoischen Erregungen der Gefässwand. Pfl. Arch. XVI. S. 518. 1878.

Luciani, Delle oscillazioni della pressione intratoracica et intraabdominale. Torino. 1877.

Ludwig, C., Beiträge zur Kenntniss des Einflusses der Resp.-Bewegungen auf den Blutlauf im Aortensysteme. Arch. f. Anat. u. Phys. S. 242. 1847.

Magendie, F., De l'influence des mouvements de la poitrine et des efforts sur la circulation du sang. Journal de phys. expér. et pathol. I. p. 316. Paris. 1821.

Marey, La circulation du sang. pp. 437, 453. Paris. 1881.

Martin, N., und Donaldson, F., Experiments in Regard to the supposed suction pump action of the Mammalian Heart Studies from the biolog Labaratory. John's Hopkins Univ. Baltimore. Vol. IV. 1887.

Marx, Henr., Diatribe anatomico-physiologica de structura atque vita venarum. Carlsruhae. 1819.

Maurocordatus, Alex., De pulmonum usu. Pneumaticum circulationis sanguinis instrumentum. Francofurt. 1665.

Mayer, Sig., Ueber spontane Blutdruckschwankungen. Sitzungsber. d. Wiener Akad. LXXIV. S. 281. 1876.

Mayow, J. M., Tractatus quinque physico-medici, quorum secundus agit de respiratione. Oxford. 1669 u. 1674.

Milne-Edwards, Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux. T. IV. p. 238. 1857.

Mislawsky, Ueber Blutbewegung in den Lungen bei verschiedenen Phasen der Athmung (russisch). Protoc. der Ges. d. Naturf. in Kasan. 1878.

Moreau, J., et Lecrénier, A., Sur les variations respiratoires de la pression sanguine chez le lapin. Arch. (belges) de biologie. III. pp. 285—290. 1882.

Mosso, Sull' azione fisiologica dell' aria compressa. Torino. 1877.

——, Sulla circulazione del sangue nel cervello dell' uomo. Accad. dei Lincei. V. Cap. 10 e 11. 1880.

Mosso, Applicazione della bilancia allo studio della circolazione sanguigna nell' uomo. Accad. dei Lincei XIX u. Arch. ital. de biologie V. 1884.

Mordhorst, C., Ueber den Blutdruck im Aortensysteme und die Vertheilung des Blutes im Lungenkreislaufe während der In- und Exspiration. Pfl. Arch. XX. Ss. 342—355. 1879.

Morgan, Th., philosophical principles of medecine. Lond. 1725.

——, mechanical practice of phys. Lond. 1735.

v. Openchowsky, Ueber die Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf. Pfl. Arch. XXVII. S. 233. 1882.

Panum, P. L., Untersuchungen über die physiol. Wirkung der compr. Luft. Pfl. Arch. I. S. 164. 1868.

Parry, C. H., Experimentaluntersuchung über die Natur, Ursachen und Verschiedenheiten des arteriösen Pulses. Hannover (aus dem Englischen übersetzt von E. Embden). 1817.

Pawlow, Ueber die normalen Blutdruckschwankungen beim Hunde. Pfl. Arch. XX. Ss. 215—225. 1879.

Pitcarne, Arch., De circulatione sanguinis per vasa minima. Leyden. 1693.

——, De circulatione sanguinis in genitis et non genitis. Edinburg. 1713.

——, De causis diversae molis qua sanguis fluit per pulmones. Edinburg. 1713.

Piorry, Influence des respirations profondes et accélérées sur les maladies du coeur, du foie, des poumons etc. Compt. rend. de l'acad. des scienc. XLVIII. p. 689. 1858.

Poiseuille, Recherches sur les causes du mouvement du sang dans les veines. Paris. 1832.

——, Recherches sur les causes du mouvement du sang dans les vaisseaux capillaires. Mém. de l'Acad. des sciences VII. Paris. 1839.

Pokrowsky, Ueber das Wesen der Kohlenoxydvergiftung. Beitrag zur Physiologie der Herzinnervation. Reichert's u. du Bois-Reymond's Arch. S. 59. 1866.

Portal, Histoire de l'académie royale des sciences. p. 554. Paris. (Cit. in Burdach's Physiol. IV. S. 445.) 1768.

Pravaz, J. C. F., Recherches expérimentales sur les effets physiologiques de l'augmentation de la pression atmosphérique. Paris. 1875.

Quincke, H., und Pfeiffer, E., Ueber den Blutstrom in den Lungen. Reichert's und du Bois-Reymond's Arch. S. 90. 1871.

Reichel, Chr., De sanguine eiusque motu experimenta. Lips. 1767.

Reid, J., On the Order of Succession in which the Vital Actions are arrested in Asphyxia. Edinb. Med. and S. Journal. LV. p. 437. 1841.

Richardson, On the balance of the respirating and circulating mechanisms etc. Med. Times. 1867.

Riegel, E., Ueber die respir. Aenderungen des Pulses und den Pulsus paradoxus. Klin. Wochenschr. S. 26. Berlin. 1876.

Riegel, E., und Frank, Ueber den Einfluss der verdichteten und verdünnten Luft auf den Puls. Deutsch. Arch. f. klin. Med. XVII. S. 402. 1876.

Riegel, E., und Frank, Berichtigung zur Arbeit von J. Dietrich. 1884.

Robinson, Bryan, On food and discharges. Haller Meth. p. 320. Lond. 1748.

——, On animal oeconomy. London. 1738.

Rollet, Blut und Blutbewegung. Hermann's Physiologie. Bd. IV. 1. 1880.

Sandahl, Des bains d'air comprimé. Stockholm. 1867.

Santorini, Observationes anat. Venet. 1724.

——, De nutritione animali. Venet. 1705.

Schiff, M., Cenno sulle Richerche fatte dal Prof. M. Schiff nel laboratorio di fisiologia del Mus. di Firenze durante il I. Trimestre 1872. Relazione del Dottore A. Mosso estratto dal Giornale »La Nazione«. Referat v. Boll im Centralblatt f. d. med. Wiss. S. 756. 1872.

Schmidtborn, Die Ursachen der Athembewegungen und ihre Bedeutung für den Kreislauf. Wiesbaden. 1886.

Schreiber, J., Ueber den Einfluss der Athmung auf den Blutdruck in physiol. u. pathol. Beziehung. Archiv f. exper. Path. X. S. 19. 1878.

——, Die Wirkung des veränderten Luftdruckes auf den Blutkreislauf des Menschen. 2. Theil. Ibid. XII. Ss. 117—193. 1880.

Schulmann, De l'influence de la respiration sur la circulation artérielle. Lille. 64 pp. 1887.

Schwartzius, Benj., De vomitu et motu intestinorum. Leiden. 1745.

Schweinburg, Die Bedeutung der Zwerchfellcontractionen für die resp. Blutdruckschwankungen. du Bois-Reymond's Archiv. S. 475. 1881.

——, Weiteres über die Entstehung der respiratorischen Blutdruckschwankungen. Ibid. S. 540. 1882.

Seelig, A., Ueber den Athmungsdruck des Kaninchens. (Langendorff.) Pfl. Arch. XXXIX. S. 237. 1886.

Sénac, M., L'Anatomie de Heister avec des essais de physique sur l'usage des parties du corps humain. Paris. 1724.

——, Traité de la structure du coeur de son action et de ses maladies. Tom. II, livre III, Chap. 8, pag. 238. Paris. 1749.

Sommerbrodt, J., Die Einwirkung der Inspiration von verdichteter Luft auf Herz und Gefässe. Deutsch. Arch. f. klin. Med. XVIII. S. 193. 1876.

Spallanzani, Expériences sur la circulation, observée dans l'universalité du système vasculaire. Ouvrage traduit de l'Italien avec des notes par Tourdes. Paris. 1800.

Spehl, Trois expériences sur la circulation pulmonaire. Journal de médécine. p. 322. Bruxelles. 1880.

Skoda, J., Ueber die Function der Vorkammern des Herzens und über den Einfluss der Contractionskraft der Lunge und der Respirationsbewegungen auf die Blutcirculation. Wien. Zeitschr. d. Ges. d. Aerzte. IX. Ss. 193—211. 1853.

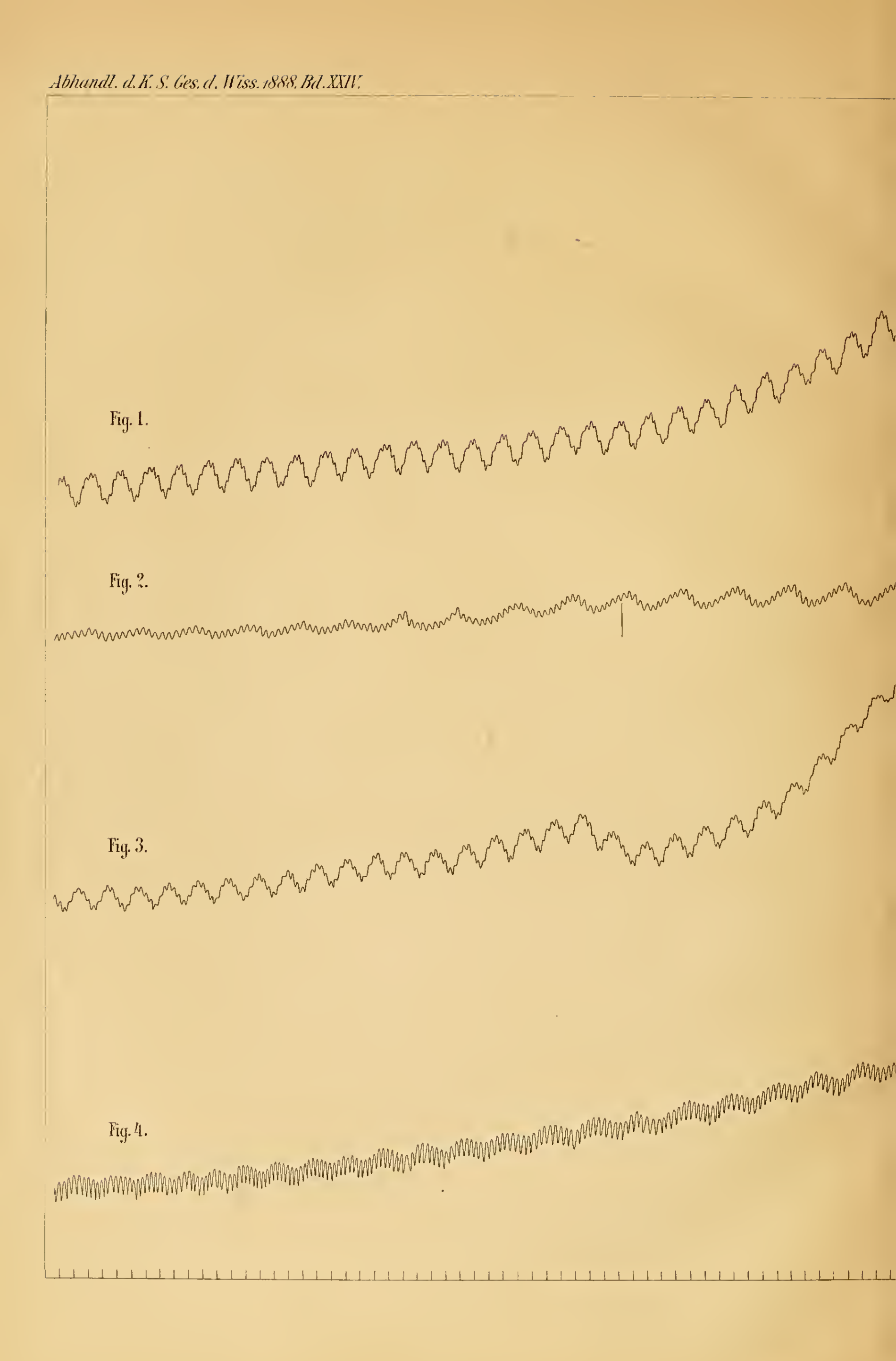
Strack, C., De reliquis instrumentis, quibus praeter cor sanguis in circulum agitur. Mogunt. 1752.

Swammmerdam, Tractatus de respiratione. Sect. II, Cap. 8, § 1. Leid. 1677.

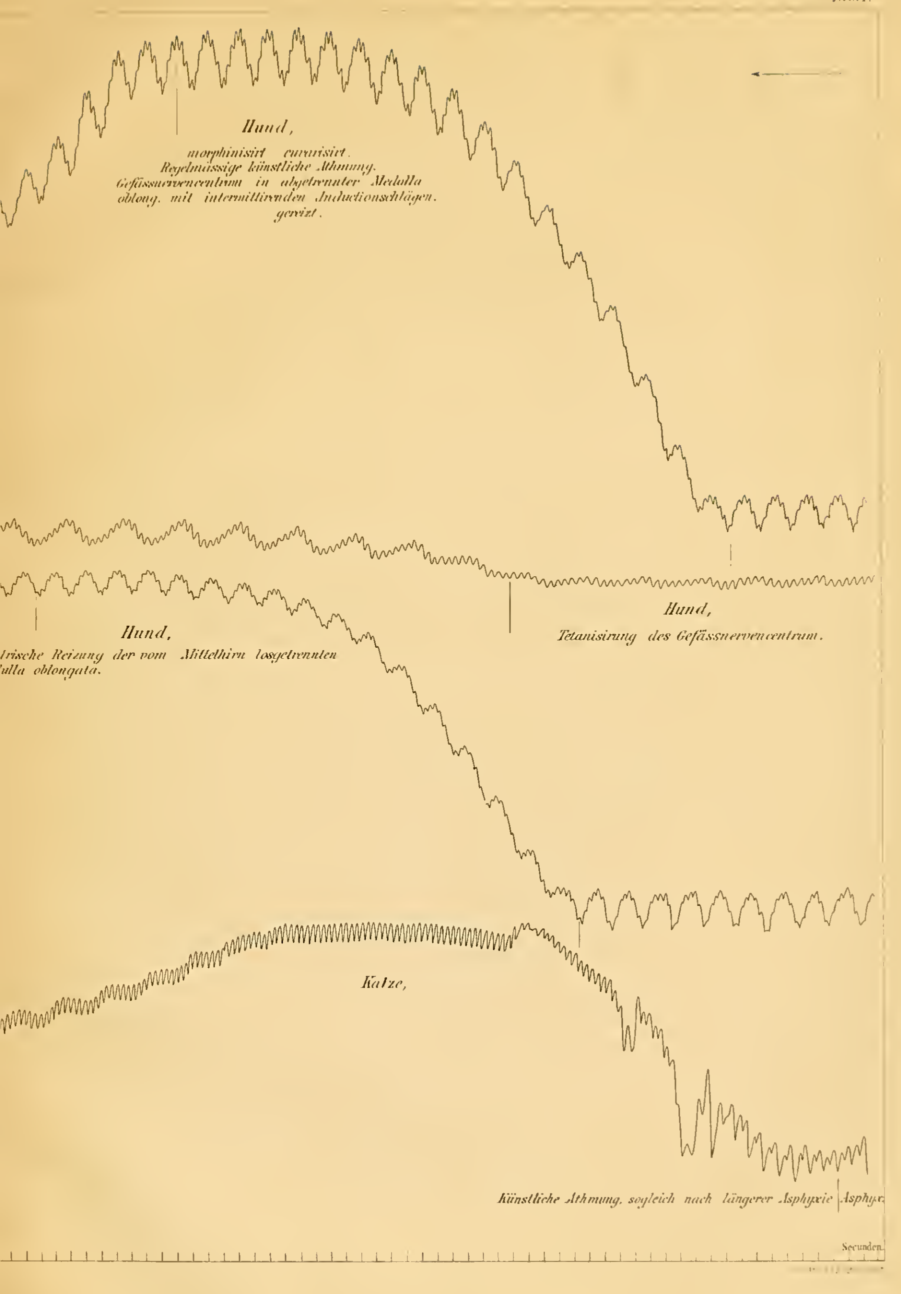
Talma, S., Beiträge zur Kenntniss des Einflusses der Respiration auf die Circulation des Blutes. Pflüg. Arch. XXIX. Ss. 311—338. 1882.
Terné van der Heul, De invloed der respiratie phasen op den duur der hartsperioten. Nederl. Arch. voor Genees. 1867.
Thruston, M., De respirationis usu primario. Lond. 1670.
Traube, Versuche über den Einfluss des Worara-Giftes auf die Herzthätigkeit. Centralblatt für die med. Wissenschaften. Nr. 4 u. 5. 1863.
——, Ueber periodische Thätigkeitsäusserungen des vasomotorischen und Hemmungsnerven-Centrum. Centralbl. f. med. Wiss. Nr. 56. 1865.
——, Versuch über den Einfluss des Lungengaswechsels auf das dem Einfluss der Nervi vagi entzogene Herz. Gesammelte Beitr. z. Path. u. Phys. von Dr. L. Traube. I. Bd. XIII. S. 310. Berlin. 1871.
Vierordt, Die Lehre vom Arterienpuls in gesunden und kranken Zuständen. Braunschweig. 1855.
v. Vivenot, Ueber Veränderungen im arteriellen Stromgebiete unter dem Einflusse des verstärkten Luftdruckes. Virchow's Archiv. XXXIV. 1866.
——, Zur Kenntniss der physiol. Wirkungen und der therapeut. Anwendung der verdichteten Luft. Erlangen. 1868.
Voit, Ueber Druckschwankungen im Lungenraum in Folge der Herzbewegungen. Zeitschr. f. Biol. 1865.
Volkmann, Die Haemodynamik. 1850.
Weber, Eduard, Ueber ein Verfahren, den Kreislauf des Blutes und die Function des Herzens willkürlich zu unterbrechen. J. Müller's Archiv. S. 88. 1851.
Wedemeyer, G., Untersuchungen über den Kreislauf des Blutes, und insbesondere über die Bewegungen desselben in den Arterien und Capillargefässen. Hannover. 1828.
Williams, D., On the Cause and the Effects of an Obstruction of the Blood in the Lungs. Edinb. Med. and Surg. Journ. XIX. p. 524. 1823.
Wilson, Ph., Ueber die Gesetze der Functionen des Lebens. A. d. Engl. übers. von J. v. Sontheimer. Stuttgart. 1822.
Zuntz, Beiträge zur Kenntniss der Einwirkung der Athmung auf den Kreislauf. Pflüg. Arch. XVII. S 374. 1878.






Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3.
Fig. 4.

Tab. I.



Hund,
morphinisirt curarisirt.
Regelmässige künstliche Athmung.
Gefässnervencentrum in abgetrennter Medulla oblong. mit intermittirenden Inductionschlägen. gereizt.
Hund,
trische Reizung der vom Mittelhirn losgetrennten
ulla oblongata.
Hund,
Tetanisirung des Gefässnervencentrum.
Katze,
Künstliche Athmung, sogleich nach längerer Asphyxie
Asphyx.
Secunden.





Fig. 5.

Hund

Gefässnervencentrum mit frequ

(20 pro 1''g

Fig. 6.

Hu

Reizung des Gefässnervencentrum

Fig. 7.

Fig. 8.

Katze,
Phrenici und Vagi durchtrennt.
Medulla oblongata vom Rückenmark abgetrennt.
künstliche Athmung
Asphyxie
ductions - Schlägen
ductions Schlägen 6 pro 1."
Katze,
Splanchnici gereizt.
Secunden.





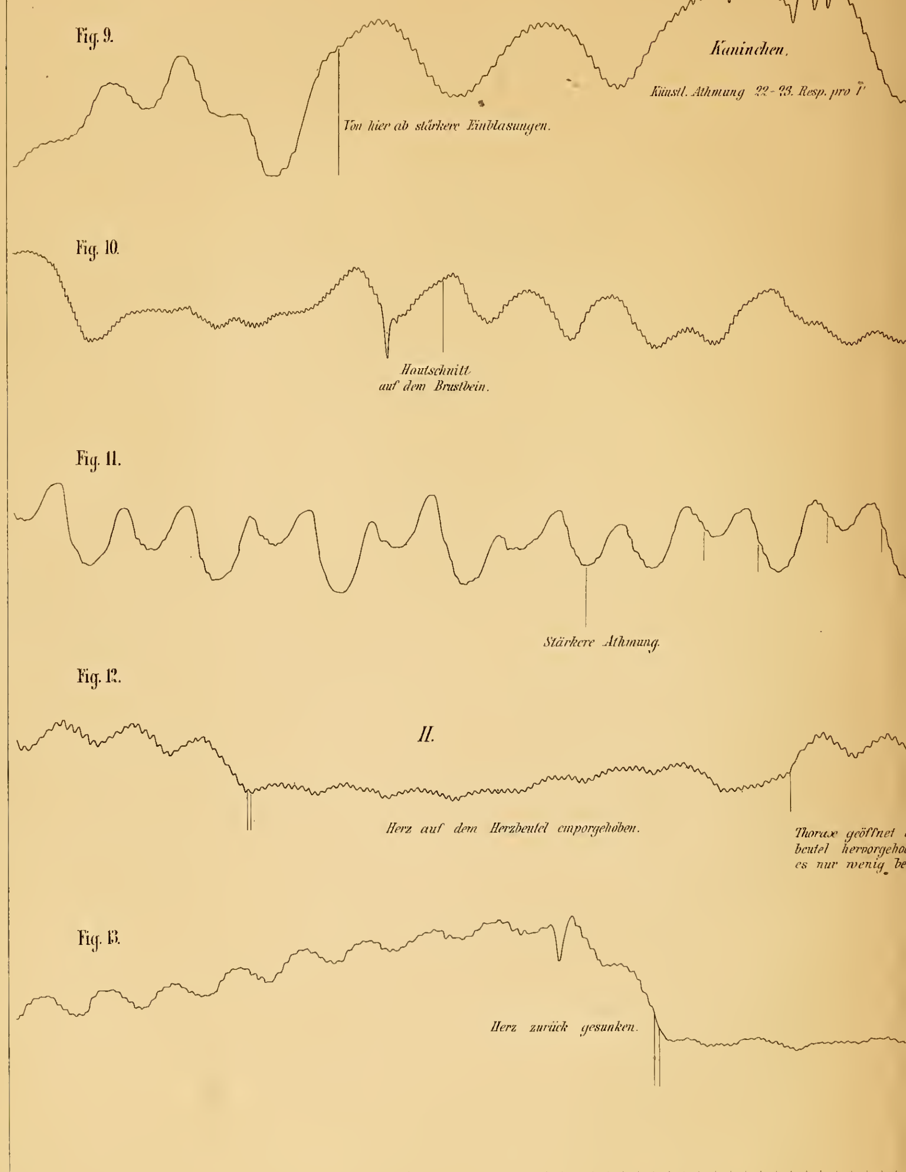
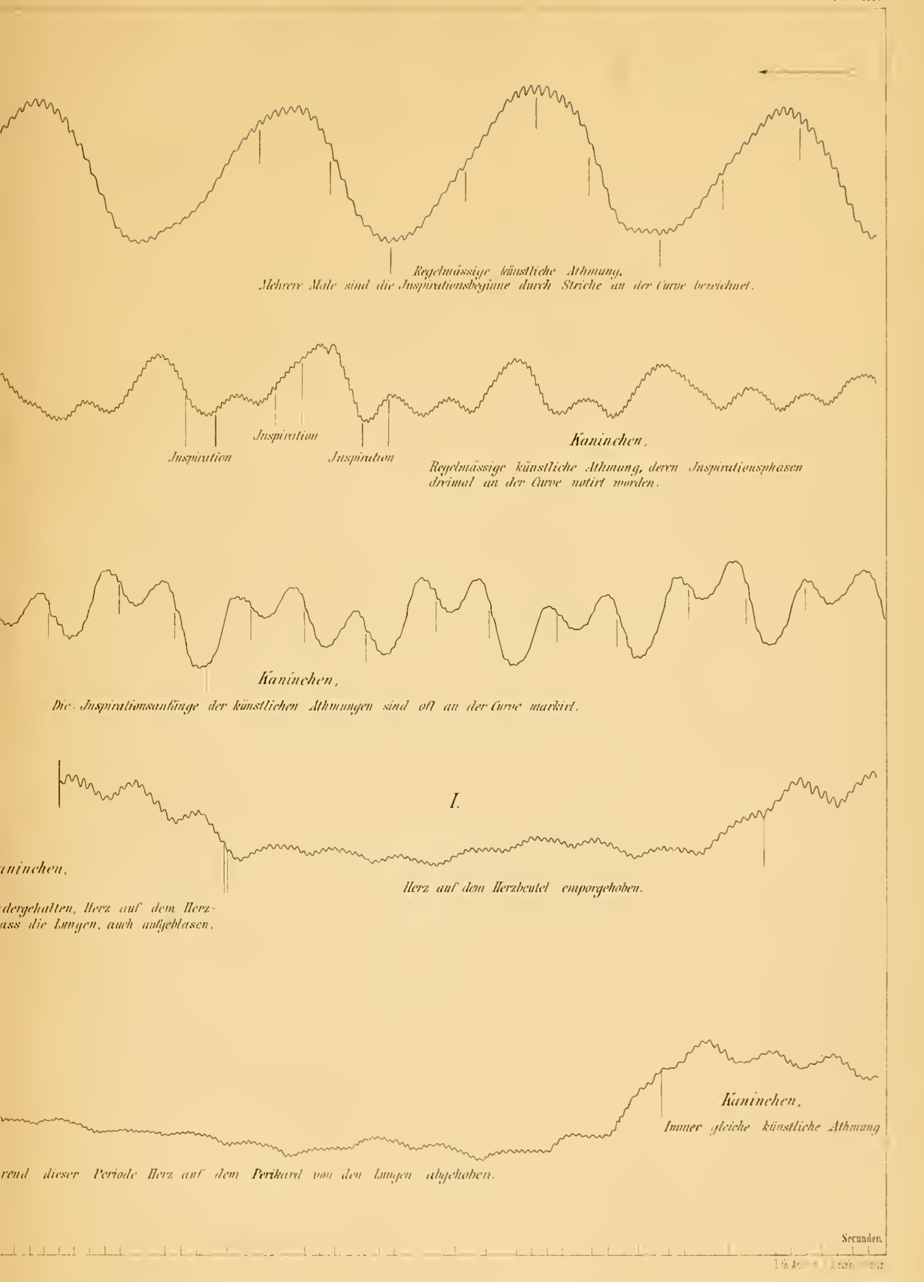
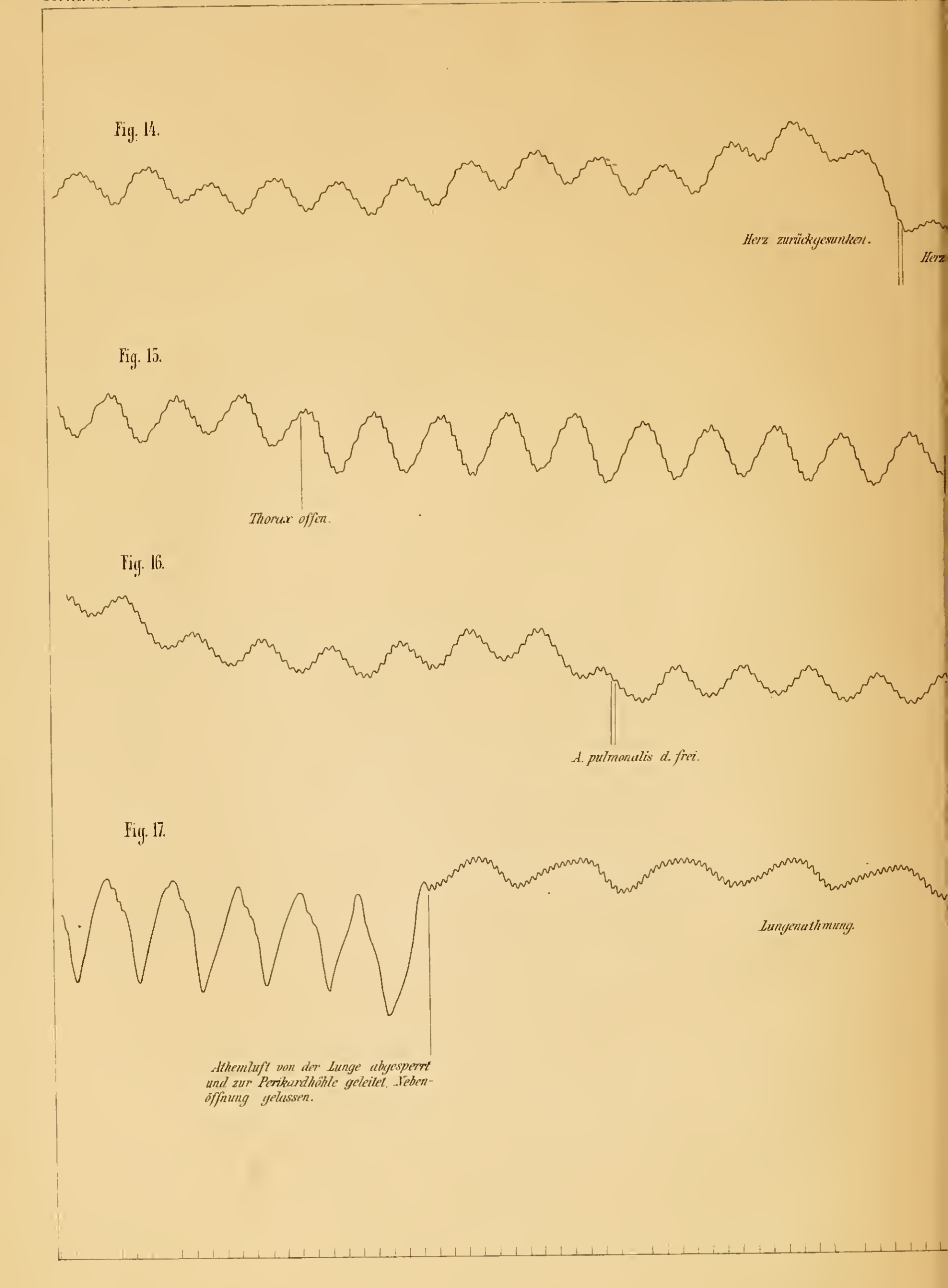


Fig. 9.
Kaninchen.
Künstl. Athmung 22-23. Resp. pro 1'
Von hier ab stärkere Einblasungen.
Fig. 10.
Hautschnitt auf dem Brustbein.
Fig. 11.
Stärkere Athmung.
Fig. 12.
II.
Herz auf dem Herzbeutel emporgehoben.
Thorax geöffnet
beutel hervorgehol
es nur wenig be
Fig. 13.
Herz zurück gesunken.

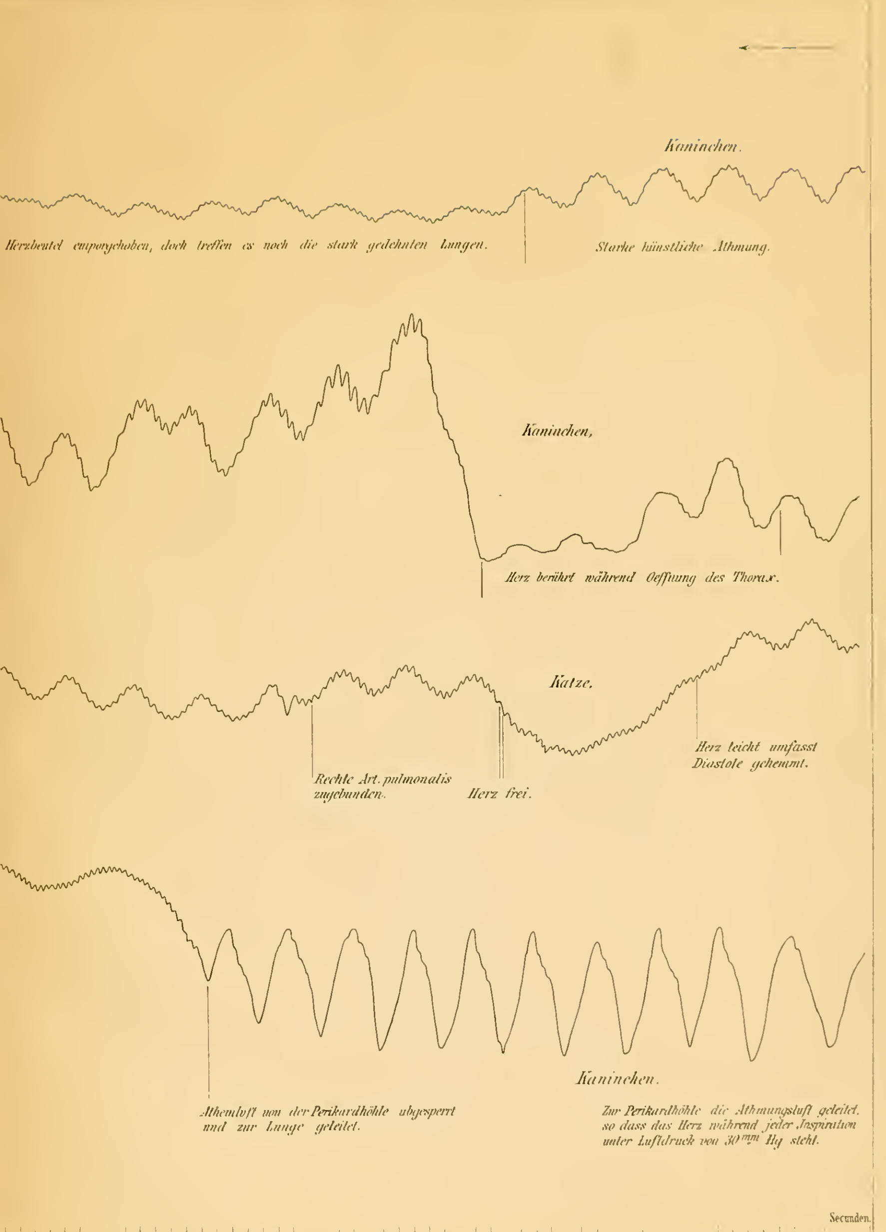

Regelmässige künstliche Athmung.
Mehrere Male sind die Inspirationsbeginne durch Striche an der Curve bezeichnet.
Inspiration
Inspiration
Inspiration
Kaninchen,
Regelmässige künstliche Athmung, deren Inspirationsphasen dreimal an der Curve notirt worden.
Kaninchen,
Die Inspirationsanfänge der künstlichen Athmungen sind oft an der Curve markirt.
I.
Herz auf dem Herzbeutel emporgehoben.
Kaninchen,
Immer gleiche künstliche Athmung
Secunden.






Fig. 14.
Herz zurückgesunken.
Herz
Fig. 15.
Thorax offen.
Fig. 16.
A. pulmonalis d. frei.
Fig. 17.
Lungenathmung.
Athemluft von der Lunge abgesperrt und zur Perikardhöhle geleitet, Nebenöffnung gelassen.

Tab. IV.



Kaninchen.
Herzbeutel emporgehoben, doch treffen es noch die stark gedehnten Lungen.
Starke künstliche Athmung.
Kaninchen,
Herz berührt während Oeffnung des Thorax.
Katze.
Rechte Art. pulmonalis zugebunden.
Herz frei.
Herz leicht umfasst
Diastole gehemmt.
Kaninchen.
Athemluft von der Perikardhöhle abgesperrt und zur Lunge geleitet.
Zur Perikardhöhle die Athmungsluft geleitet, so dass das Herz während jeder Inspiration unter Luftdruck von 30 mm Hg steht.
Secunden.



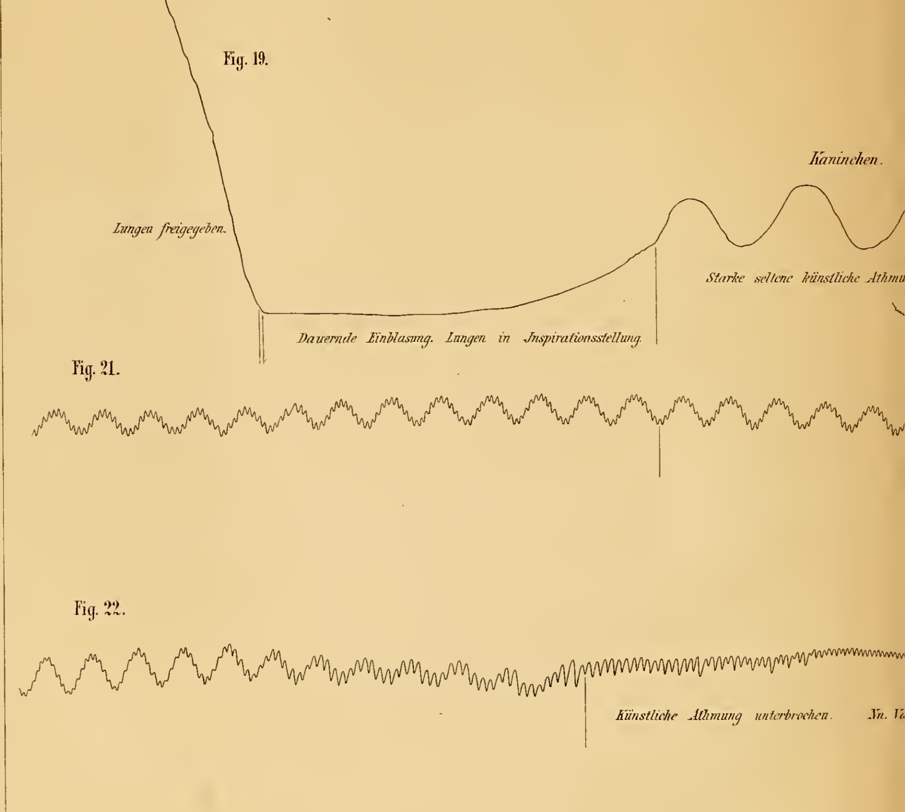


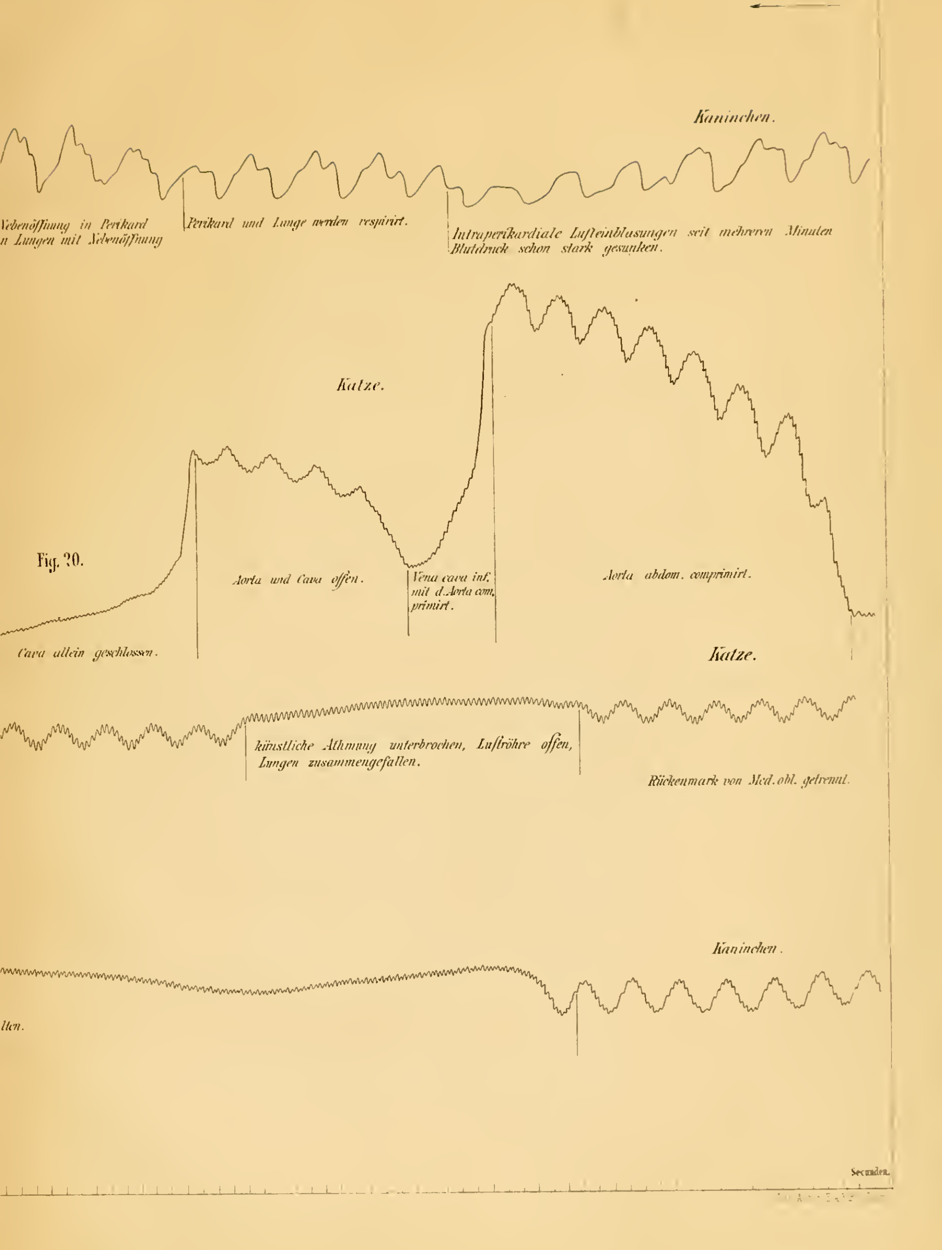
Fig. 18.

Lungen normal ventilirt, Herzbeutel unter vollem Drucke.

Lungen und Herzbeutel ventilirt mit Nebenöffnung.

Lungenathmung allein.

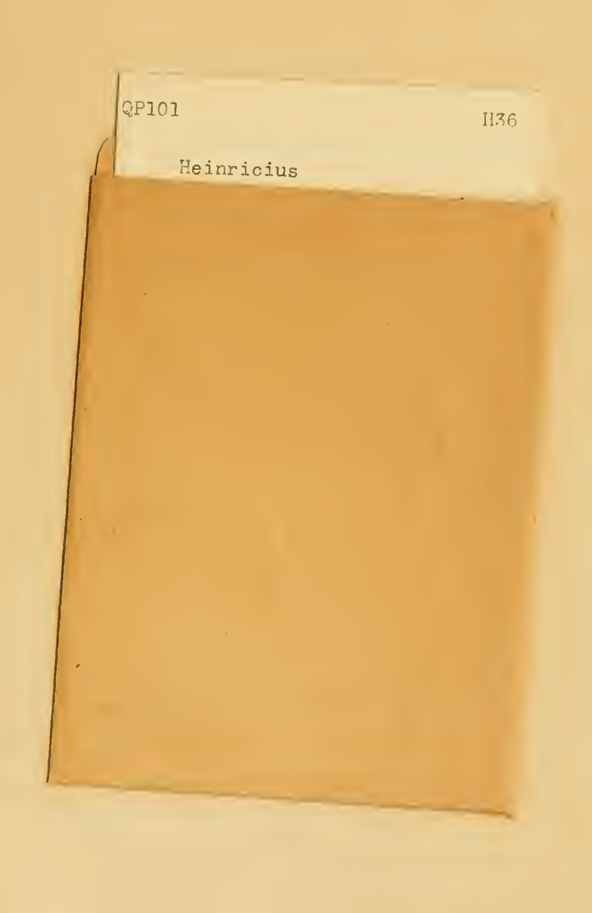



Kaninchen.
Nebenöffnung in Perikard
n Lungen mit Nebenöffnung
Perikard und Lunge werden respirirt.
Intraperikardiale Lufteinblasungen seit mehreren Minuten
Blutdruck schon stark gesunken.
Katze.
Fig. 20.
Aorta und Cava offen.
Vena cava inf. mit d. Aorta comprimirt.
Aorta abdom. comprimirt.
Cava allein geschlossen.
Katze.
künstliche Athmung unterbrochen, Luftröhre offen, Lungen zusammengefallen.
Rückenmark von Med. obl. getrennt.
Kaninchen.
lten.
Secunden.








QP101
H36
Heinricius

